

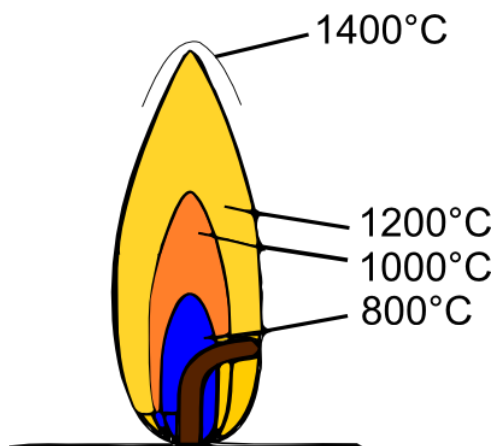
Jaką temperaturę ma płomień świecy?

Krzysztof Rochowicz, KPCEN/UMK Toruń

Płomień to zjawisko spalania gazu, w którym zachodzą reakcje rozkładu i spalania. Paliwem w płomieniu jest zawsze gaz. Płomień nad cieczą występuje wskutek parowania tej cieczy, zaś płomień nad palącym się ciałem stałym świadczy o wydzielaniu się palnego gazu wskutek rozkładu paliwa (piroliza).

Spalanie węglowodorów np. w płomieniu świecy czy zapalniczki, może zachodzić w czystej fazie gazowej - płomień niebieski - lub z redukcją paliwa do drobin sadzy - płomień biało-żółto-pomarańczowy. W przebiegu spalania można wyróżnić różne strefy:

- strefa rozkładu. Następuje w niej spalanie części paliwa do tlenku i dwutlenku węgla. W powstałej wysokiej temperaturze następuje termiczny rozkład węglowodorów. Powstają mniejsze cząsteczki (metan, etan), ich rodniki i wodór. W płomieniu świecy jest to jasnoniebieska warstwa w jego dolnej części. Jasnoniebieska barwa pochodzi od wolnych rodników niskocząsteczkowych węglowodorów. Tutaj temperatura osiąga 800 °C.
- strefa powstawania sadzy. Przy braku odpowiedniej ilości tlenu paliwo ulega dalszemu rozkładowi aż do powstania drobin węgla (sadzy). Jest to wewnętrzna, ciemniejsza część płomienia świecy, wokół knotu. Przezroczystość gazu maleje w miarę wzrostu zawartości sadzy. W palniku, w którym występuje wcześniejsze zmieszanie paliwa z odpowiednią ilością powietrza, wytrącanie sadzy nie występuje.
- strefa spalania wytrąconej sadzy. Powietrze dopływające z zewnątrz powoduje spalenie sadzy. Jest to najsilniej świecąca warstwa (to od niej pochodzi żółte światło świecy). Jej barwa jest barwą ciała doskonale czarnego i bezpośrednio zależy od temperatury. Z powodu wytrąconej sadzy jest to strefa nieprzezroczysta. W strefie tej nadal występuje nadmiar paliwa w stosunku do powietrza i jednocześnie panuje wysoka temperatura: 900-1000 °C. Dlatego substancje, które się tu znajdują, są silnie zredukowane. Z tego względu strefę tę nazywa się płomieniem redukującym. Przy wystarczającym dopływie tlenu z zewnątrz węgiel ulega całkowitemu spalaniu. Wtedy brzeg płomienia jest jasny i wyraźny i może mieć własności utleniające. Jednak jeżeli temperatura płomienia zdąży opaść, zanim zmiesza się on z zewnętrznym powietrzem, to płomień ma ciemną barwę i kopci niespaloną sadzą. Jest tak, gdy paliwo nie było wstępnie zmieszane z powietrzem, a płomień ma duże rozmiary, przez co dyfuzja tlenu w głąb nie odgrywa wystarczającej roli.
- strefa spalania gazowego. Ta strefa występuje w płomieniu, w którym nie wystąpiło wytrącanie sadzy. W tym znajdującym się na zewnątrz płomienia stożku świecącym słabym fioletowym światłem zachodzi całkowite spalanie gazów powstałych w strefie rozkładu. Barwa pochodzi od spalającego się tlenku węgla i wodoru. W wyniku intensywnego wydzielania się energii strefa ta odznacza się najwyższą temperaturą, do 1400 °C. Panuje w niej pełny dostatek tlenu i z powodu wysokiej temperatury substancje, które znajdują się w tym stożku są utleniane – stąd jego nazwa – płomień utleniający.



Tyle ogólnych wiadomości tytułem wstępu. Czas na doświadczalne sprawdzenie.

Skorzystamy z czujnika temperatury Pasco typu K – PS-2134 (fot. poniżej).



Mierzy on niską i wysoką temperaturę gazów, otwartego ognia lub przedmiotów w zakresie od -200 do +1000 stopni Celsjusza. Elementem pomiarowym jest chropowaty standardowy termoelement typu K z izolacją. Niska masa termiczna czujnika oznacza krótki czas reakcji. Długość sondy umożliwia wygodny pomiar w trudno dostępnych miejscach.

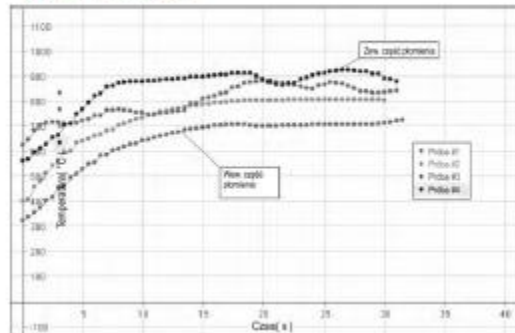
OSTRZEŻENIE: Podczas pracy ze świeczkami i innymi gorącymi obiektami zawsze stosuj się do standardowych zasad obchodzenia się z ogniem. Nie dotykaj sondy Typu K dłońmi, palcami, ani innymi częściami ciała. Po wyjęciu z ognia sonda będzie gorąca (od 400 do 1400 stopni Celsjusza). Dotykanie lub niewłaściwe stosowanie sondy może prowadzić do poważnych oparzeń i trwałych uszkodzeń ciała.

Procedura:

1. Podłącz Czujnik Temp. Typu K do interfejsu PASPORT podłączonego do komputera.
2. Zapal świecę i umieść ją w uchwycie.
3. Otwórz wykres Sparkvue i kliknij Start.

4. (Przed wykonaniem dalszych kroków przeczytaj powyższe ostrzeżenie.) Powoli włóż sondę Czujnika do czerwonej, wewnętrznej części płomienia, aby wykonać pomiar.
5. Po około 30 sekundach kliknij Stop. Wyjmij powoli sondę. Nie dotykaj jej.
6. Zostaw sondę do ostygnięcia.
7. Powtórz kroki 5 i 6 w pomarańczowej, żółtej i niebieskiej części płomienia. (Uwaga: Wkładaj sondę w płomień poziomo.) Porównaj wyniki. Wyjaśnij dlaczego różne kolory płomienia mają różną temperaturę. Czy temperatura jest wyższa w jego wewnętrznej czy zewnętrznej części? Dlaczego?

Porównanie temperatur w różnych częściach płomienia świecy



Ciekawostka: jak wygląda płomień świecy w kosmosie?

Na Ziemi płomień ma w przybliżeniu kształt stożka i „płonie do góry”, ponieważ podgrzane (i w związku z tym lżejsze) powietrze w wyniku zjawiska konwekcji unosi się, a jego miejsce zajmuje opadające świeże powietrze - zimniejsze i przez to cięższe. Jest ono dla świeczki źródłem tlenu, niezbędnego do spalania. W stanie nieważkości zimniejsze powietrze nie opada, a cieplejsze się nie unosi, ponieważ i jedno, i drugie ma taki sam ciężar. W stanie nieważkości nie ma zatem konwekcji! Kształt płomienia nie może więc być taki sam jak na Ziemi. I rzeczywiście, płomień w stanie nieważkości ma kształt... sfery! Płonie więc on w każdym kierunku jednakowo. W dodatku dyfuzja molekularna przenosi tlen do płomienia i wyprowadza produkty spalania na zewnątrz 100 razy wolniej niż na Ziemi. Przez to tlenu w okolicy płomienia jest dużo mniej, a dwutlenku węgla dużo więcej niż zwykle i płomień jest przez to mocno stłumiony (por. poniżej).

